



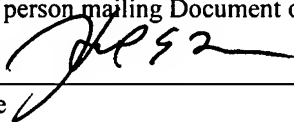
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to:  
Commissioner for Patents, P.O. Box 1450,  
Alexandria, VA 22313-1450 on January 19, 2006  
(Date of Deposit)

Harold C. Moore

Name of person mailing Document or Fee

  
Signature

January 19, 2006

Date of Signature

Re: Application of: Lin  
Serial No.: 10/783,703  
Filed: February 20, 2004  
For: Amplifier Circuit with Passive Gain Step Circuit  
Group Art Unit: 2819  
Confirmation No.: 5620  
Examiner: Lam T. Mai  
Our Docket No.: 1890-0057

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Please find for filing in connection with the above patent application a certified copy of the priority document, Certified Copy of German Application Number 103 07 315.9-42.

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment to Deposit Account  
No. 13-0014.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "H. C. Moore", with a stylized flourish at the end.

January 19, 2006

Harold C. Moore  
Registration No. 37,892  
Maginot, Moore & Beck  
Chase Tower  
111 Monument Circle, Suite 3250  
Indianapolis, IN 46204-5115

Enclosures

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 07 315.9

**Anmeldetag:** 20. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
81669 München/DE

**Bezeichnung:** Verstärkerschaltung mit passiver  
Gain-Step-Schaltung

**IPC:** F 01 M 1/18

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Patentanwälte · Postfach 246 · 82043 Pullach bei München

**Infineon Technologies AG**  
**St.-Martin-Straße 53**

**81669 München**

## PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys  
European Trademark Attorneys

Fritz Schoppe, Dipl.-Ing.  
Tankred Zimmermann, Dipl.-Ing.  
Ferdinand Stöckeler, Dipl.-Ing.  
Franz Zinkler, Dipl.-Ing.

Telefon/Telephone 089/790445-0  
Telefax/Facsimile 089/790 22 15  
Telefax/Facsimile 089/74996977  
e-mail: szsz\_iplaw@t-online.de

---

### VERSTÄRKERSCHALTUNG MIT PASSIVER GAIN-STEP-SCHALTUNG

---

## Beschreibung

## Verstärkerschaltung mit passiver Gain-Step-Schaltung

- 5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verstärkerschaltung und insbesondere eine Verstärkerschaltung, die als rauscharmer Verstärker (LNA; LNA = Local Noise Amplifier) verwendet werden kann und eine Gain-Step-Schaltung besitzt.
- 10 In der mobilen Telekommunikation werden LNAs im Empfänger, d. h. beispielsweise in einem Mobiltelefon, eingesetzt. Je nach Entfernung zwischen Empfänger und Sender schwankt der Pegel des Signals, das am Empfänger eintrifft, in einem großen Bereich. Um zu vermeiden, dass der Verstärker bei
- 15 höherem Eingangssignalpegel übersteuert wird, ist es bekannt, eine sogenannte Gain-Step-Schaltung, die auch als Neben-Gain-Stufe bezeichnet werden kann und die parallel zum LNA geschaltet ist, einzusetzen. Der Empfänger schaltet den LNA ein und die Gain-Step-Schaltung aus, wenn ein schwaches Signal
- 20 eintrifft. Diese Betriebsart wird typischerweise als High-Gain-Modus bezeichnet. Umgekehrt schaltet der Empfänger den LNA aus und die Gain-Step-Schaltung (GS-Schaltung) ein, wenn ein starkes Signal empfangen wird. Diese Betriebsart ist als Gain-Step-Modus bekannt. Das Umschalten zwischen den unterschiedlichen Modi realisiert der Empfänger basierend auf
- 25 einem Steuersignal, das von dem abgetasteten Pegel des Eingangssignals abhängt.
- Ein beispielhafter LNA gemäß dem Stand der Technik ist in
- 30 Fig. 1 gezeigt. Der LNA umfasst einen Bipolartransistor VT1, dessen Basisanschluss mit einem Hochfrequenzeingang HFin, an dem ein zu verstärkendes HF-Eingangssignal empfangen wird, hochfrequenzmäßig gekoppelt ist. Der Kollektoranschluss des Bipolartransistors VT1 ist über einen Widerstand VR1 und eine
- 35 Induktivität VL1 mit einem Versorgungsspannungsanschluss, an den eine Versorgungsspannung Vcc anlegbar ist, verbunden. Ferner ist der Kollektor des Bipolartransistors VT1 über

einen Widerstand VR2 mit seinem Basisanschluss verbunden. Der Kollektor des Bipolartransistors VT1 ist über einen Kondensator VC1 ferner mit einem Hochfrequenz Ausgang HFout, an dem das verstärkte Eingangssignal ausgegeben wird, hochfrequenz-  
5 mäßig gekoppelt. Der Emitter des Bipolartransistors VT1 liegt auf einem Bezugspotential, typischerweise Masse. Die Komponenten des LNA, die typischerweise auf einem LNA-Chip gebildet sind, sind in Fig. 1 durch den gestrichelten Rahmen 10 dargestellt.

10

Ferner ist in Fig. 1 ein externer sogenannter externer LC-Sumpf gezeigt, der vorgesehen ist, um den IIP3 zu verbessern (IIP3 = Input Intercept Point 3) und dadurch Verzerrungen zu verringern. Der LC-Sumpf umfasst eine externe Induktivität  
15  $L_{ext}$  und eine externe Kapazität  $C_{ext}$ .

Bei dem in Fig. 1 gezeigten LNA wird über die Spule VL1, die als HF-Drossel dient, und den Widerstand VR1 die Versorgungsspannung an den Transistor VT1 angelegt, wobei die Spule VL1  
20 und der Widerstand VR1 als Last für den Transistor wirken. Der Kondensator VC1 dient zur Gleichsignalentkopplung und der Widerstand VR2 dient zum Anlegen einer geeigneten Vorspannung an die Basis des Bipolartransistors VT1, um den Arbeitspunkt dieses Transistors einzustellen.

25

Wie oben bereits ausgeführt wurde, wird, um zu vermeiden, dass der LNA übersteuert wird, zu einer Gain-Step-Schaltung umgeschaltet, wenn ein starkes Signal am HF-Eingang empfangen wird. Eine solche Gain-Step-Schaltung sollte möglichst wenig  
30 Strom verbrauchen und hinsichtlich der Eingangsanpassung und Ausgangsanpassung an die externen Komponenten eine möglichst gleich gute Anpassung bieten wie der LNA. Diese beiden Probleme konnten bisher nicht gleichzeitig gelöst werden.

35 Als Gain-Step-Schaltungen wurden in der Vergangenheit verschiedene Konzepte realisiert. Ein solches Konzept bestand darin, eine Gain-Step-Schaltung parallel zum LNA zu schalten

und am HF-Eingang einen Entkoppelkondensator vorzusehen, um Gleichsignale zu entkoppeln. Bei einer integrierten Lösung belastet jedoch der Substratwiderstand des nichtidealen Entkoppelkondensators das Verhalten des LNA. Ein alternatives  
5 Konzept bestand darin, keine separate Gain-Step-Schaltung zu verwenden, sondern im Gain-Step-Modus den LNA auf ein Niveau mit negativer Verstärkung umzuschalten. Dabei ist von Nachteil, dass sich beim Umschalten die Ein-/Ausgangsimpedanz deutlich verändert und der LNA im Gain-Step-Modus nicht mehr  
10 angepasst ist. Ein drittes alternatives Konzept bestand darin, eine zum LNA parallele Gain-Step-Schaltung zu verwenden, die identisch zum LNA aufgebaut ist, jedoch eine deutlich geringere Verstärkung aufweist. Die Stromaufnahme der Gain-Step-Schaltung in einem Bereich von 5 bis 10 mA ist  
15 gleich der Stromaufnahme des LNA, d. h. der High-Gain-Stufe, damit bei einem Umschalten zwischen den Stufen die Ein-/Ausgangsimpedanz für eine gute Anpassung gleich bleibt. Eine solche hohe Stromaufnahme im Gain-Step-Modus ist jedoch unerwünscht.

20

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Verstärkerschaltung zu schaffen, die eine Umschaltung zwischen einem High-Gain-Modus und einem Low-Gain-Modus ermöglicht und die im Low-Gain-Modus einen geringen Stromverbrauch und eine gute Anpassung liefert.  
25

Diese Aufgabe wird durch eine Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 1 gelöst.

30 Die vorliegende Erfindung schafft eine Verstärkerschaltung mit folgenden Merkmalen:

einem Verstärker, der zwischen einen HF-Eingang und einen HF-Ausgang geschaltet ist; und

35

einer Koppereinrichtung, die parallel zu dem Verstärker zwischen den HF-Eingang und den HF-Ausgang geschaltet ist, wobei die Koppereinrichtung folgende Merkmale aufweist:

- 5 einen Einkoppelbipolartransistor, dessen Kollektoranschluss oder Emitteranschluss mit dem HF-Eingang hochfrequenzmäßig gekoppelt ist; und

- 10 eine Auskoppeldiodenstruktur, die hochfrequenzmäßig zwischen den Basisanschluss des Einkoppelbipolartransistors und den HF-Ausgang gekoppelt ist.

- 15 Erfindungsgemäß werden, wenn die Koppereinrichtung aktiv ist, um ein Eingangssignal von dem HF-Eingang zu dem HF-Ausgang zu koppeln, die Kollektor-Basis-Diode oder die Emitter-Basis-Diode des Einkoppeltransistors, die in die Koppelstrecke geschaltet ist, und die Auskoppeldiodenstruktur in Sättigung in Flussrichtung betrieben werden, und, wenn die Koppereinrichtung nicht aktiv ist, um ein Eingangssignal von dem HF-
- 20 Eingang zu dem HF-Ausgang zu koppeln, die Kollektor-Basis-Diode oder die Emitter-Basis-Diode, die in die Koppelstrecke geschaltet ist, und die Diodenstruktur Sperrschichtkapazitäten darstellen.

- 25 Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Auskoppeldiodenstruktur durch die Basis-Emitter-Diode oder die Basis-Kollektor-Diode eines weiteren Bipolartransistors gebildet, der als Diode verschaltet ist, indem Kollektoranschluss und Basisanschluss desselben (oder alternativ Emitteranschluss und Basisanschluss desselben) kurzgeschlossen sind.
- 30

- Die erfindungsgemäßen Koppereinrichtung stellt eine passive Gain-Step-Schaltung dar, die keine Verstärkung liefert, auf
- 35 die umgeschaltet werden kann, wenn ein starkes HF-Eingangssignal am HF-Eingang anliegt, um dadurch zu verhin-



dern, dass der Verstärker, der in der Regel ein LNA sein wird, übersteuert.

5 Erfindungsgemäß ist die Koppeleinrichtung, die eine Gain-Step-Schaltung darstellt, derart parallel zum Verstärker angeschlossen, dass sich die beiden Schaltungen bei Nichtverwendung der Gain-Step-Schaltung im High-Gain-Modus automatisch durch die Kollektor-Basis-Diode (oder die Emitter-Basis-Diode) des mit dem HF-Eingang verschalteten Einkoppelbipolartransistors und die mit dem HF-Ausgang verschaltete Auskoppeldiodenstruktur (die in der Regel die Basis-Emitter-Diode oder die Basis-Kollektor-Diode eines weiteren Bipolartransistors sein wird, jedoch auch durch eine tatsächliche Diode realisiert sein kann) entkoppeln. Zum Aktivieren der  
10 Koppeleinrichtung wird eine geeignete Steuerspannung an den Bipolartransistor und die Diodenstruktur angelegt, um diese in Sättigung in Vorwärtsrichtung vorzuspannen, um Leistung in/aus der Koppeleinrichtung ein- bzw. auszukoppeln.  
15

20 Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Verstärkerschaltung derart ausgelegt, dass durch das Anlegen dieser Steuerspannung automatisch der Verstärker ausgeschaltet wird. Zu diesem Zweck kann durch die Steuerspannung ein Schalter betätigt werden, der den Verstärker ausschaltet. Dieser Schalter kann beispielsweise das Basispotential eines Bipolartransistors des Verstärkers auf einen so geringen Wert ziehen, dass der Verstärker ausgeschaltet wird. Dieser Schalter kann durch den mit dem HF-Eingang verbundenen Bipolartransistor der Koppeleinrichtung realisiert sein.  
25

30 Die Verstärkerschaltung mit der Gain-Step-Schaltung gemäß der vorliegenden Erfindung bietet zahlreiche Vorteile gegenüber bisherigen Lösungen. Zum einen verbraucht die erfindungsgemäße Gain-Step-Schaltung einen deutlich geringeren Betriebsstrom als der Verstärker, d. h. der LNA. Ferner sind Eingangsimpedanz und Ausgangsimpedanz der Gain-Step-Schaltung leicht durch Modifizierung der Transistorgrößen und Wider-  
35

stände einzustellen, so dass diese Impedanzen ähnliche Werte wie im High-Gain-Modus, in dem der Verstärker aktiv ist und die Koppereinrichtung inaktiv ist, aufweisen. Diese Eigenschaft ermöglicht eine gute Anpassung am HF-Eingang und am  
5 HF-Ausgang im Gain-Step-Modus. Ferner ist der Vorwärtsübertragungsfaktor im Gain-Step-Modus leicht durch entsprechendes Einstellen von in der Gain-Step-Schaltung verwendeten Widerständen und durch Einstellen der Steuerspannung der Gain-Step-Stufe einstellbar. Darüber hinaus wird durch die geringe  
10 Sperrschichtkapazität der in die Koppelstrecke geschalteten Kollektor-Basis-Diode oder Emitter-Basis-Diode des Bipolartransistors und der Diodenstruktur in Sperrrichtung außerhalb des Gain-Step-Modus eine gute Isolation der Gain-Step-Schaltung zum LNA ermöglicht. Dadurch ist eine Trennung des  
15 Entwurfs für LNA und Gain-Step-Schaltung möglich, was verkürzte Entwicklungszeiten zur Folge hat.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:  
20

Fig. 1 eine Realisierung eines LNA gemäß dem Stand der Technik;

25 Fig. 2 ein grobes Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Verstärkerschaltung;

Fig. 3 ein Schaltungsdiagramm eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäß verwendeten Gain-Step-Schaltung;  
30

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verstärkerschaltung; und

35 Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Gain-Step-Schaltung.

Bezug nehmend auf die beigefügten Zeichnungen wird die vor-  
liegenden Erfindung im folgenden anhand von Ausführungsbei-  
spielen beschrieben, bei denen der Verstärker einen rauschar-  
men Verstärker (LNA) darstellt und die Koppeleinrichtung eine  
5 Gain-Step-Schaltung darstellt. Wie eingangs erläutert wurde,  
finden derartige Verstärkerschaltungen insbesondere im Be-  
reich der mobilen Telekommunikation, beispielsweise in Mobil-  
telefonen, Anwendung, bei denen das HF-Eingangssignal starken  
Pegelschwankungen unterworfen ist, so dass abhängig vom Pegel  
10 des Eingangssignals zwischen dem LNA und der Gain-Step-  
Schaltung umgeschaltet wird.

In Fig. 2 ist ein Verstärkerschaltungschip 20 gezeigt, der  
einen LNA 22, der eine High-Gain-Stufe darstellt, und eine  
15 Gain-Step-Schaltung 24, die erfindungsgemäß eine passive  
Koppeleinrichtung ist, aufweist. Der Verstärkerschaltungschip  
22 besitzt einen HF-Eingang 26 und einen HF-Ausgang 28.

Bezug nehmend auf Fig. 3 wird nachfolgend der Aufbau eines  
20 erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels der Gain-Step-  
Schaltung 24 erläutert, während im Anschluss daran Bezug  
nehmend auf Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel ein erfindungsge-  
mäßes Verstärkerschaltung beschrieben wird.

25 Das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel der Gain-Step-  
Schaltung umfasst einen ersten Bipolartransistor T1, einen  
zweiten Bipolartransistor T2 und drei Widerstände R1, R2 und  
R3.

30 Der Kollektoranschluss des Bipolartransistors T1 ist mit dem  
HF-Eingang 26 verbunden. Der Emitteranschluss des Bipo-  
lartransistors T1 ist über den Widerstand R2 mit einem Be-  
zugspotential, bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit  
Masse, verbunden. Der Basisanschluss des Bipolartransistors  
35 T1 ist mit dem Basisanschluss des Bipolartransistors T2 und  
über den Widerstand R1 mit einem Vorspannungsanschluss zum  
Anlegen einer Vorspannung oder Steuerspannung  $V_{gs}$  verbunden.

Der Bipolartransistor T2 ist als Diode verschaltet, indem sein Kollektoranschluss mit seinem Basisanschluss kurzgeschlossen ist. Somit sind Basisanschluss und Kollektoranschluss des Bipolartransistors T2 ebenfalls über den Widerstand R1 mit dem Vorspannungsanschluss 30 verbunden. Der Emitter des Bipolartransistors T2 ist über den Widerstand R3 mit dem HF-Ausgang 28 verbunden.

10 In Fig. 4 ist die Parallelschaltung aus der in Fig. 3 gezeigten Gain-Step-Schaltung und einem LNA gezeigt, wobei der in Fig. 4 gezeigte LNA beispielhaft den Aufbau des eingangs Bezug nehmend auf Fig. 1 beschriebenen LNA aufweist.

15 Bezug nehmend auf Fig. 4 wird im folgenden die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Verstärkerschaltung und insbesondere die Funktionsweise der Gain-Step-Schaltung erläutert.

Im High-Gain-Modus ist der LNA 22 eingeschaltet und die Gain-Step-Schaltung 24 ausgeschaltet. Im High-Gain-Modus verstärkt der Bipolartransistor VT1 ein am HF-Eingang 26 empfangenes HF-Signal zu dem HF-Ausgang 28, wobei die Versorgungsspannung Vcc anliegt. In diesem High-Gain-Modus liegt am Vorspannungsanschluss 30 eine solche Steuerspannung Vgs an, dass die Bipolartransistoren T1 und T2 der Gain-Step-Schaltung 24 ausgeschaltet sind. In der Regel wird die Steuerspannung Vgs zu diesem Zweck 0 Volt betragen. In diesem Zustand bewirkt die kleine Sperrschichtkapazität der Kollektor-Basis-Diode des Transistors T1 eine gute Trennung der Gain-Step-Schaltung von dem HF-Eingang und somit von dem LNA. Genauso bewirkt die kleine Sperrschichtkapazität der Basis-Emitter-Diode des Bipolartransistors T2 eine gute Trennung der Gain-Step-Schaltung vom HF-Ausgang 28 und somit von dem LNA. Die geringen angesprochenen Sperrschichtkapazitäten bewirken eine gute Entkopplung der ausgeschalteten Gain-Step-Schaltung von dem eingeschalteten LNA, so dass das Verhalten des LNA hinsicht-

lich Verstärkung, Rauschzahl und dergleichen durch die Gain-Step-Schaltung kaum beeinflusst wird.

5      Ansprechend auf ein externes Steuersignal erfolgt ein Umschalten von dem High-Gain-Modus in den Gain-Step-Modus, in dem die Gain-Step-Schaltung 24 eingeschaltet ist und der LNA ausgeschaltet ist. Das Steuersignal kann als externes Steuersignal bezeichnet werden, da es in der Regel außerhalb des Verstärkerchips 20, wie er in Fig. 2 gezeigt ist, erzeugt wird. Dieses Steuersignal kann auf herkömmliche Weise erzeugt werden, indem der Pegel des am HF-Eingang anliegenden Eingangssignals abgetastet wird, um ein geeignetes Steuersignal zu erzeugen, das für einen Eingangssignalpegel, der oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwerts liegt, ein Umschalten in 15      den Gain-Step-Modus bewirkt.

20      Zeigt das Steuersignal an, dass in den Gain-Step-Modus umgeschaltet werden soll, wird die an dem Vorspannungsanschluss 30 anliegende Steuerspannung  $V_{gs}$  auf einen Wert erhöht, der an den Basisanschlüssen der Bipolartransistoren T1 und T2 ein Potential zur Folge hat, das ausreicht, um die Kollektor-Basis-Diode des Bipolartransistors T1 und die Basis-Emitter-Diode des Bipolartransistors T2 in Sättigung in Flussrichtung vorzuspannen. Da der HF-Ausgang 28 in der Regel gleichsignalmäßig auf Masse liegt, reicht hierzu abhängig von dem an der Basis des Bipolartransistors VT1 des LNA vorliegenden Potential eine Steuerspannung  $V_{gs}$  oberhalb etwa 1 Volt aus. 25

30      Durch eine derartige Erhöhung der Steuerspannung  $V_{gs}$  wird, da die Gain-Step-Schaltung und der LNA am HF-Eingang verbunden sind, der Basisstrom des Transistors VT1 aus dem LNA gezogen und der LNA ausgeschaltet. Die Basisspannung des Bipolartransistors VT1 sinkt dabei auf einen geringen Wert im mV-Bereich. Deshalb arbeitet der Bipolartransistor T1 der Gain-Step-Schaltung 24, der als Einkoppeltransistor bezeichnet werden kann, in Sättigung. Abhängig von der angelegten Steuerspannung und der Größe der Widerstände der Gain-Step- 35

Schaltung ist die CB-Diode des Einkoppeltransistors T1 beispielsweise in Flussrichtung mit einer Spannung von ca. 0,8 Volt vorgespannt. In gleicher Weise arbeitet der Bipolartransistor T2, der als Auskoppeltransistor bezeichnet werden kann, in Sättigung, d. h. die Basis-Emitter-Diode desselben ist mit einer Spannung von ca. 0,8 Volt in Flussrichtung vorgespannt.

Der durch den Basisstrom des Bipolartransistors T1 über den Widerstand R2 bewirkte Spannungsabfall ist ausreichend gering, dass das Potential an der Basis des Verstärkerbipolartransistors VT1 auf einen Wert gezogen wird, der ausreicht, um den LNA auszuschalten.

Durch die in Flussrichtung betriebene Kollektor-Basis-Diode des Einkoppeltransistors T1 wird die HF-Leistung vom HF-Eingang 26 in die Gain-Step-Schaltung eingekoppelt, während dieselbe durch die in Flussrichtung vorgespannte Basis-Emitter-Diode des Auskoppeltransistors T2 und den Widerstand R3 zu dem HF-Ausgang 28 ausgekoppelt wird.

Über den Widerstand R2 wird zum einen der Basisstrom aus dem Verstärkerbipolartransistor VT1 gezogen. Zum anderen kann über den Widerstand R2 sowie die Kollektor-Basis-Diode sowie die Basis-Emitter-Diode des Transistors T1 eine geeignete Eingangsimpedanz der Gain-Step-Schaltung im Gain-Step-Modus eingestellt werden, die ähnlich oder identisch der des LNA im High-Gain-Modus ist, so dass eine gute Anpassung in beiden Modi erreicht werden kann. Über den Widerstand R1 wird ein geeignetes Basispotential der Transistoren T1 und T2 bewirkt. Über eine entsprechende Dimensionierung des Transistors T2 und des Widerstands R3 lässt sich eine geeignete Ausgangsimpedanz einstellen, die im Gain-Step-Modus wiederum gleich oder ähnlich der Ausgangsimpedanz der LNA im High-Gain-Modus ist.

Die Gain-Step-Schaltung 24 stellt eine passive Schaltung dar, dahingehend, dass sie keine Verstärkung des durch dieselbe gekoppelten HF-Signals liefert. Vielmehr wird das HF-Signal durch die Gain-Step-Schaltung gedämpft, wobei der Durchlass-  
5 pegel genauso wie die Eingangsanpassung und Ausgangsanpassung in der Praxis durch eine passende Auswahl der Transistorgrößen und der Widerstände eingestellt werden kann. Dabei ist anzumerken, dass im durchgeschalteten Zustand des Transistors T1 ein Teil der HF-Leistung über den Widerstand R2 fließt und  
10 ein weiterer Teil über den Widerstand R3 abfällt.

Ein zu dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel alternatives Ausführungsbeispiel einer Gain-Step-Schaltung ist in Fig. 5 gezeigt. Die in Fig. 5 gezeigte Gain-Step-Schaltung ist  
15 wiederum zwischen dem HF-Eingang 26 und dem HF-Ausgang 28 parallel zu dem LNA geschaltet. Die in Fig. 5 gezeigte Gain-Step-Schaltung umfasst den ersten Bipolartransistor T1, einen zweiten Bipolartransistor T3, einen dritten Bipolartransistor T4 und Widerstände R2, R4, R5, R6 und R7.

20 Der Kollektoranschluss des ersten Bipolartransistors T1 ist wiederum mit dem HF-Eingang 26 verbunden, während der Emitteranschluss desselben über den Widerstand R2 mit Masse verbunden ist. Der Basisanschluss des Bipolartransistors T1 ist mit dem Basisanschluss des Bipolartransistors T4 und über  
25 den Widerstand R6 mit dem Basisanschluss des Transistors T3 verbunden. Der Kollektoranschluss des Transistors T3 ist mit dem HF-Ausgang 28 verbunden, während der Emitteranschluss desselben über den Widerstand R7 mit Masse verbunden ist. Der Basisanschluss des Bipolartransistors T4 ist mit dem Kollektoranschluss desselben kurzgeschlossen und ferner über den  
30 Widerstand R4 mit der Steuerspannung  $V_{gs}$  verbunden. Schließlich ist der Emitteranschluss des Bipolartransistors T4 über den Widerstand R5 mit Masse verbunden. Der HF-Ausgang 28  
35 liegt gleichsignalmäßig auf Masse, in der Regel über eine Induktivität.

Bei der in Fig. 5 gezeigten Gain-Step-Schaltung hat der Transistor T4, der als Diode verschaltet ist, nur die Funktion zur Steuerung des Einkoppeltransistors T1 bzw. des Auskoppeltransistors T3, d. h. zur Steuerung der an die Basisanschlüsse dieser Transistoren anzulegenden Bias-Spannung, um die Gain-Step-Schaltung auszuschalten bzw. einzuschalten. Durch eine entsprechende Bias-Spannung wird bei diesem Beispiel der Bipolartransistor T1 zur Einkopplung und der Transistor T3 zur Auskopplung in Sättigung betrieben. Die Auskopplung der HF-Leistung erfolgt über die Basis-Kollektor-Diode des gesättigten Bipolartransistors T3.

Durch geeignete Dimensionierung des Transistors T1 und des Widerstands R2 kann die Eingangsimpedanz eingestellt werden. Die Ausgangsimpedanz kann durch geeignete Dimensionierung des Transistors T3 und des Widerstands R7 eingestellt werden. Der optionale Widerstand R6 kann als zusätzliche Stellgröße zur Einstellung des Basispotentials des Widerstands T3 oder zur Einstellung des Durchlasspegels der Gain-Step-Schaltung vorgesehen sein. Der Widerstand R5 ist dimensioniert, um einen übermäßigen Verlust von HF-Leistung über denselben zu verhindern.

Der Vorteil der in Fig. 5 gezeigten Gain-Step-Schaltung liegt darin, dass die Sperrschichtkapazität der Kollektor-Basis-Diode eines Bipolartransistors in der Regel kleiner ist als die der Basis-Emitter-Diode. Daher kann bei der in Fig. 5 gezeigten Schaltung im High-Gain-Modus die Rückwirkung des Ausgangs zurück zum Eingang über die ausgeschaltete Gain-Step-Schaltung noch weiter reduziert werden.



## Patentansprüche

1. Verstärkerschaltung mit folgenden Merkmalen:

5 einem Verstärker (22), der zwischen einen HF-Eingang (26) und einen HF-Ausgang (28) geschaltet ist; und

einer Koppeleinrichtung (24), die parallel zu dem Verstärker (22) zwischen den HF-Eingang (26) und den HF-Ausgang (28) geschaltet ist, wobei die Koppeleinrichtung (24) folgende Merkmale aufweist:

15 einen Einkoppelbipolartransistor (T1), dessen Kollektoranschluss oder Emitteranschluss mit dem HF-Eingang (26) hochfrequenzmäßig gekoppelt ist; und

eine Auskoppeldiodenstruktur, die hochfrequenzmäßig zwischen den Basisanschluss des Einkoppelbipolartransistors (T1) und den HF-Ausgang (28) gekoppelt ist.

20

2. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 1, bei der der Verstärker (22) einen Verstärkerbipolartransistor (VT1) aufweist, dessen Basisanschluss mit dem HF-Eingang (26) hochfrequenzmäßig gekoppelt ist, wobei der Einkoppelbipolartransistor (T1) der Koppeleinrichtung (24) verschaltet ist, um, wenn die Koppeleinrichtung (24) eingeschaltet wird, das Basispotential des Verstärkerbipolartransistors (VT1) auf ein solches Potential zu ziehen, dass der Verstärker (22) ausgeschaltet wird.

25  
30

3. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der der Emitteranschluss oder der Kollektoranschluss des Einkoppelbipolartransistors (T1) der Koppeleinrichtung (24), der nicht mit dem HF-Eingang hochfrequenzmäßig gekoppelt ist, über einen Widerstand (R2) auf Masse geschaltet ist.

35

4. Verstärkerschaltung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Koppeleinrichtung (24) ferner Mittel (30, R1; R4, R5, R6, T4) zum Anlegen einer Vorspannung an den Einkoppelbipolartransistor (T1) und die Diodenstruktur aufweist, um  
5 dadurch die Koppeleinrichtung (24) einzuschalten.

5. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 4, bei der der Kollektoranschluss des Einkoppelbipolartransistors (T1) mit dem HF-Eingang (26) hochfrequenzmäßig gekoppelt ist, wobei die  
10 Mittel zum Anlegen einer Vorspannung ausgelegt sind, um die Kollektor-Basis-Diode des Einkoppelbipolartransistors (T1) und die Diodenstruktur in Sättigung in Flussrichtung zu betreiben, wenn die Koppeleinrichtung (24) eingeschaltet ist, und um die Kollektor-Basis-Diode des Einkoppelbipolartransistors (T1) und die Diodenstruktur in Sperrrichtung zu  
15 betreiben, wenn die Koppeleinrichtung (24) ausgeschaltet ist.

6. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 4 oder 5, bei der die Mittel zum Anlegen der Vorspannung die Vorspannung abhängig  
20 von einem Pegel eines HF-Eingangssignals anlegen.

7. Verstärkerschaltung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Auskoppeldiodenstruktur die Basis-Kollektor-Diode oder die Basis-Emitter-Diode eines Auskoppelbipolartransistors (T2; T3) ist.  
25

8. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 7, bei der der Kollektoranschluss des Auskoppelbipolartransistors (T2) mit dem Basisanschluss des Auskoppelbipolartransistors verbunden ist,  
30 bei der die Basisanschlüsse des Einkoppelbipolartransistors (T1) und des Auskoppelbipolartransistors (T2) über einen Widerstand (R1) mit einem Vorspannungsanschluss (30) verbunden sind, und bei der zwischen HF-Ausgang (28) und Emitteranschluss des Auskoppelbipolartransistors (T2) ein Widerstand  
35 (R3) geschaltet ist.

9. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 7, bei der der Kollektoranschluss des Auskoppelbipolartransistors (T3) mit dem HF-Ausgang (28) verbunden ist und bei der der Emitteranschluss des Auskoppelbipolartransistors (T3) über einen Widerstand (R7) mit Masse verbunden ist.

10. Verstärkerschaltung gemäß Anspruch 9, bei der die Mittel zum Anlegen der Versorgungsspannung einen Vorspannungsmittelbipolartransistor (T4) aufweisen, dessen Kollektoranschluss und Basisanschluss miteinander und über einen Widerstand (R4) mit einem Vorspannungsanschluss (30) verbunden sind, dessen Emitteranschluss über einen Widerstand (R5) mit Masse verbunden ist und dessen Basisanschluss mit dem Basisanschluss des Einkoppelbipolartransistors (T1) und mit dem Basisanschluss des Auskoppelbipolartransistors (T3) verschaltet ist.

## Zusammenfassung

## Verstärkerschaltung mit passiver Gain-Step-Schaltung

- 5 Eine Verstärkerschaltung umfasst einen Verstärker (22), der zwischen einen HF-Eingang (26) und einen HF-Ausgang (28) geschaltet ist, und eine Koppeleinrichtung (24), die parallel zu dem Verstärker (22) zwischen den HF-Eingang (26) und den HF-Ausgang (28) geschaltet ist. Die Koppeleinrichtung (24)
- 10 umfasst einen Einkoppelbipolartransistor (T1), dessen Kollektoranschluss oder Emitteranschluss mit dem HF-Eingang (26) hochfrequenzmäßig gekoppelt ist, und eine Ankoppeldiodenstruktur, die hochfrequenzmäßig zwischen den Basisanschluss des Einkoppelbipolartransistors (T1) und den HF-Ausgang (28)
- 15 gekoppelt ist.

20

Figur 4

Figur zur Zusammenfassung:

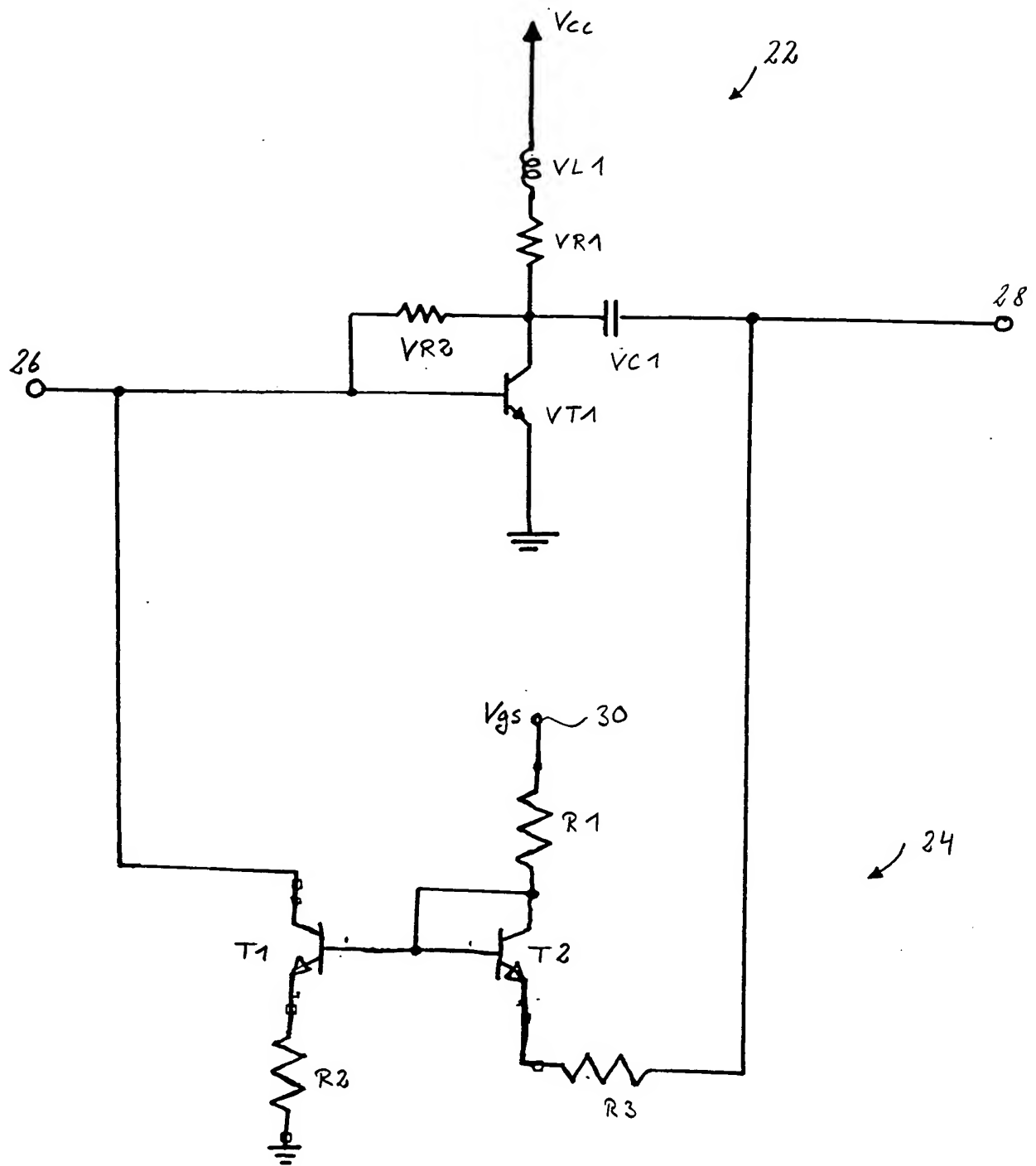


Fig. 4

## Bezugszeichenliste

VT1	Bipolartransistor
HFin	Hochfrequenzeingang
VR1, VR2	Widerstände
Vcc	Versorgungsspannung
10	LNA-Chip
L <sub>ext</sub>	externe Induktivität
C <sub>ext</sub>	externe Kapazität
20, 20'	Verstärkerschaltungschip
22	LNA
24	Gain-Step-Schaltung
26	HF-Eingang
28	HF-Ausgang
T1	Einkoppelbipolartransistor
T2	Auskoppelbipolartransistor
R1, R2, R3	Widerstände
30	Vorspannungsanschluß
Vgs	Steuerspannung
T3	Auskoppelbipolartransistor
T4	Vorspannungsmittelbipolartransistor
R4, R5, R6, R7	Widerstände

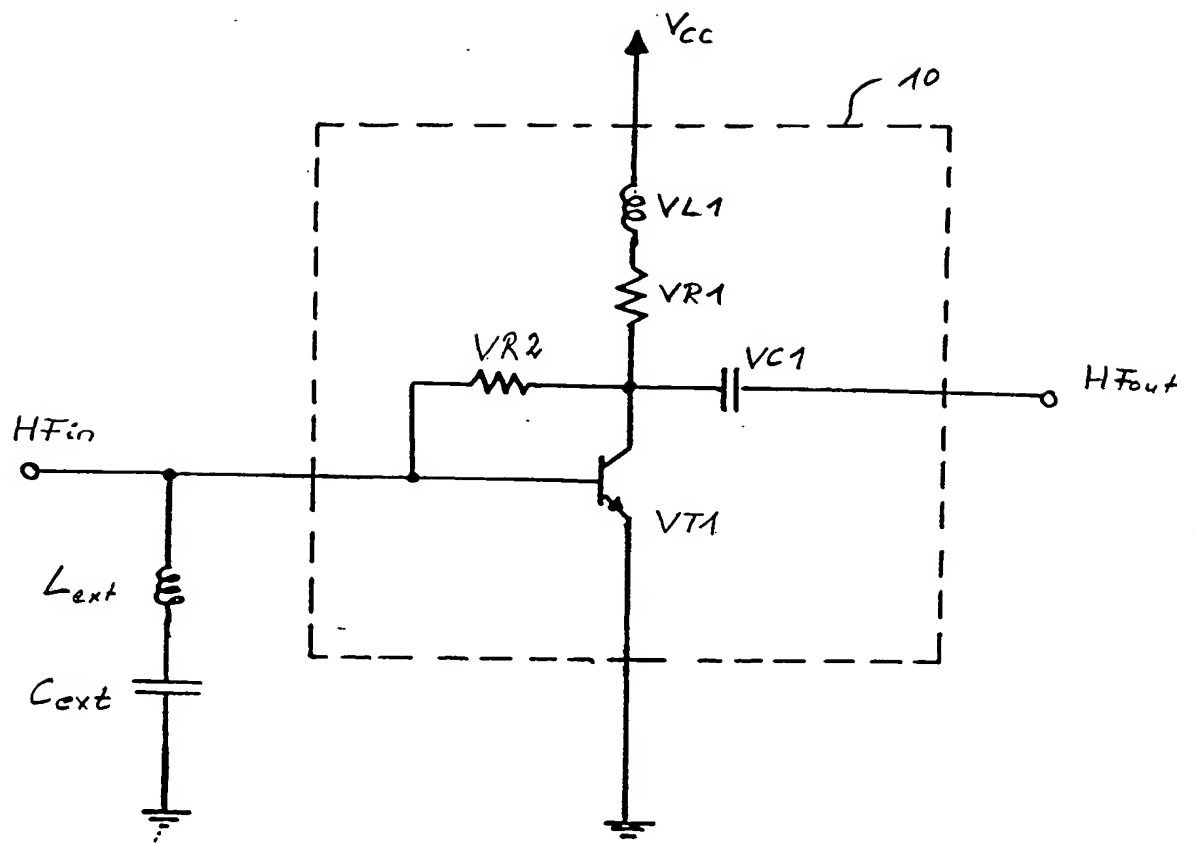


Fig. 1 (Stand der Technik)

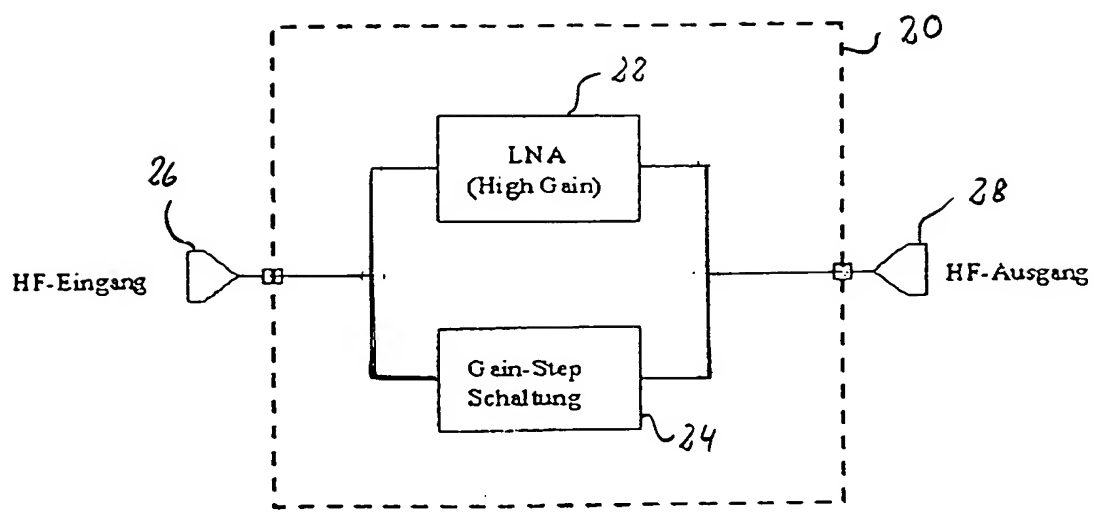


Fig. 2

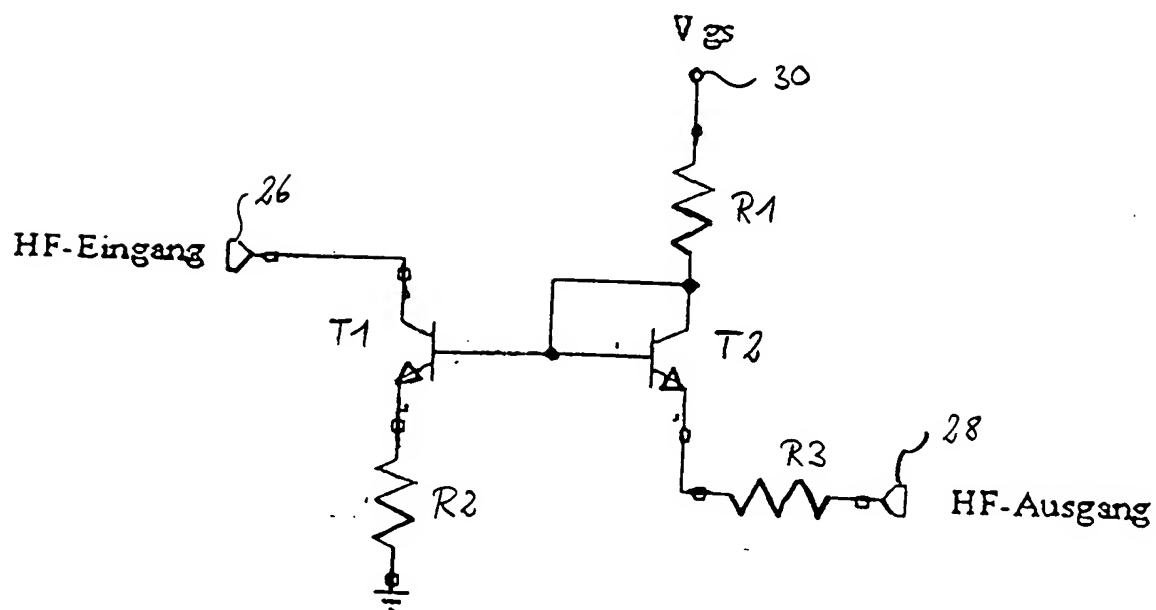


Fig. 3



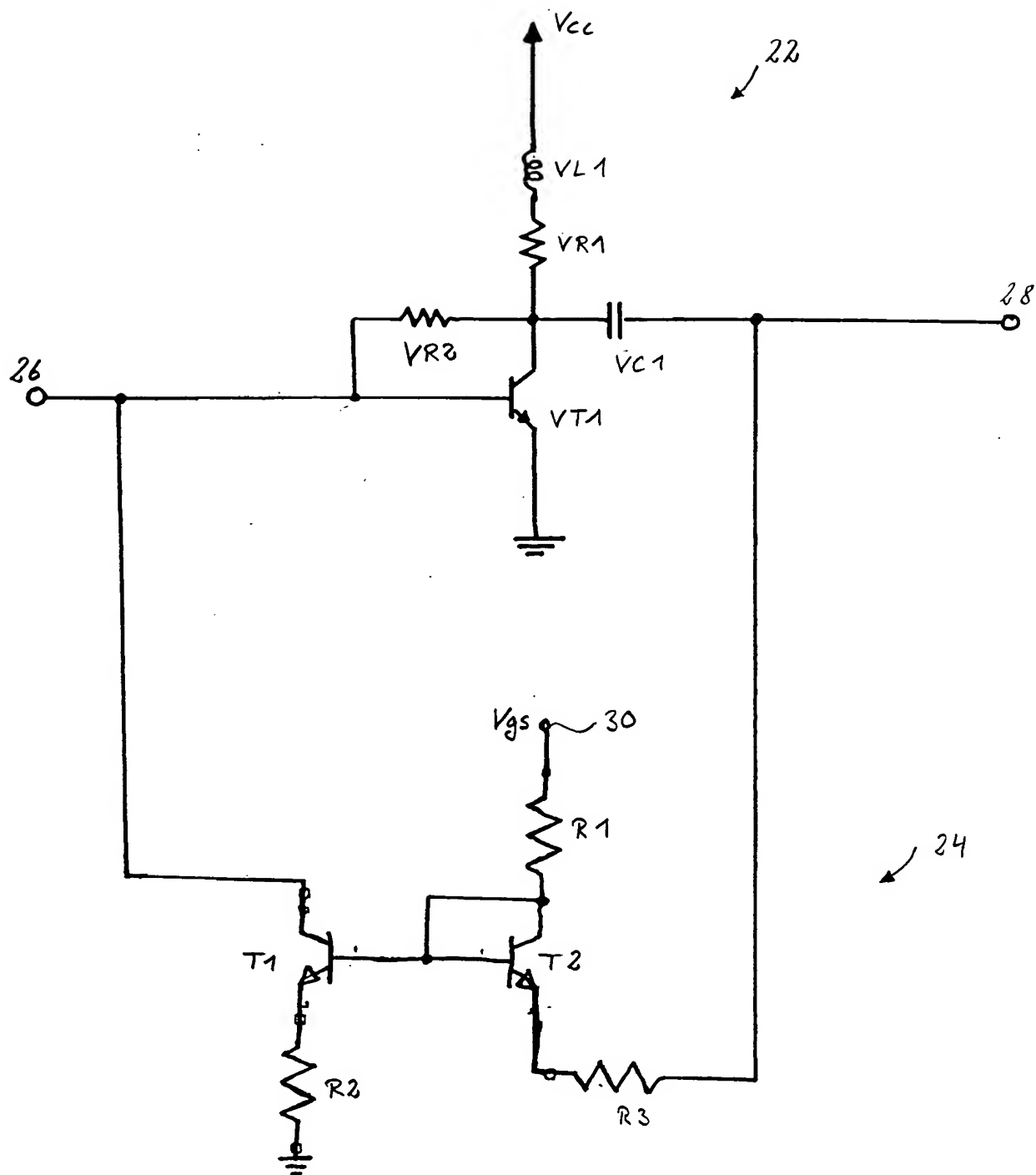


Fig. 4

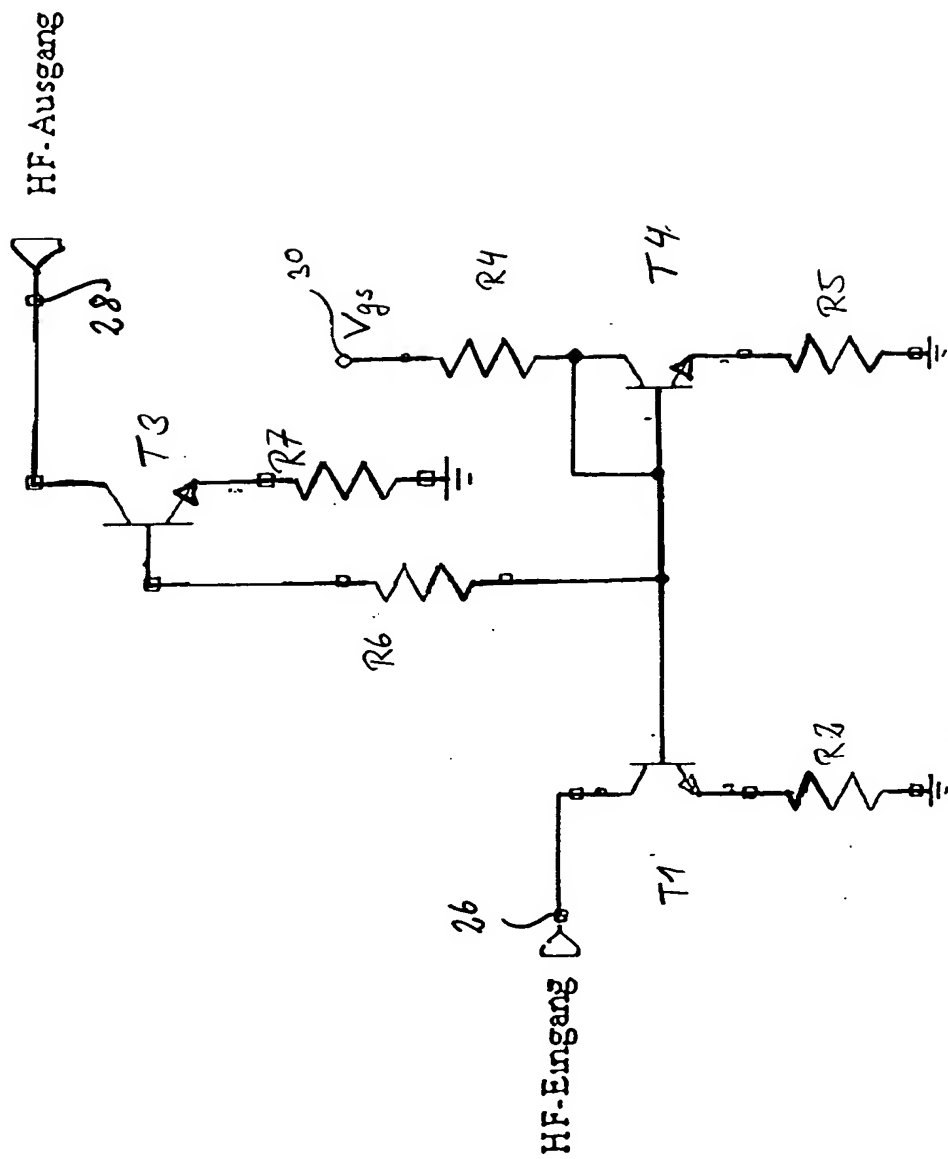


Fig. 5